

第8章 宇宙天気予報のヒトの健康への応用を目指して Aiming to apply space weather forecasts to human health

西村 勉（京都大学医学部病院）

1. 自己紹介

私のバックグラウンドは、看護師です。看護学校在学中に非常勤講師として講義を担当していた現在の妻と出会いました。妻は当時大学院生で、指導教官は福島雅典京都大学教授（現名誉教授）でした。妻の紹介で、恩師である福島雅典京都大学教授（現名誉教授）に出会い、福島先生の臨床試験の世界を変えるという強い思いに感銘を受け、学問の道を志しました。福島先生の下で、修士課程、博士課程に進学する機会を頂き、臨床試験の方法論や疫学を学びました。学位取得後は異動された福島先生を追って（公財）先端医療振興財団 臨床研究情報センターに就職し、7年間勤務しました。その後、2018年7月に京都大学医学部附属病院に転職し、現在に至ります。

現在、私は、太陽や月等、宇宙に関係する環境要因がヒトの疾患の発症・増悪、心や行動にどのような影響を与えているかに興味を持っています。人間生活と宇宙というとかげ離れているように感じるかもしれませんが、はるか昔の生命が宇宙環境の影響を受けて進化してきたことを踏まえ、現在も何らかの影響を受けているものと考え、その根拠を積み重ねています。本稿では、京都大学での出会いや学びについて、大学院生からこれまでの私の研究生活を通して振り返りたいと思います。

2. 電磁場に関する研究

大学院では臨床試験の方法論や疫学を学び、さらに、On the Job Training で実際の臨床試験の支援業務を学んでいましたが、他の研究者の支援業務にはあまり面白さを感じませんでした。そんな中、面白い話が舞い込んできました。昔、H社が気功の原理の科学的検証を試みていた際、研究を外部から批判的に評価する目的で福島先生が研究の検証を行ったそうです。実験をしてみると、気功師の「気」を当てた白血球の貪食能は、気を当てていない白血球に比べて統計学的に有意に増加しました（Fukushima 2001）(1)。福島先生は気の正体を電磁場ではないかと考え、磁気センサの発明者である毛利佳年雄名古屋大学名誉教授に相談し、二人で気功師の手から電磁場が発生していることを証拠づけるデータを取得されたそうです。他の研究においても、その時に検出された周波数と磁束密度に近い電磁場を白血球に当てるとその貪食能は増加したことが報告された例があります（Fukushima 2002）(2)。

大学院生時代の私は、若かったこともあり、世紀の大発見と思って電磁場の研究に興味を持ちました。ロシアで高血圧に対する電磁場による治療が盛んに行われていたことや、日本における先行研究があったため、高血圧の方を対象に電磁場の有効性と安全性を検証する

ための臨床試験を実施しました。被験者 20 名を電磁場群 10 名、コントロール群 10 名にランダムに割付、1 週間に 2 回、1 回あたり 10 分間の電磁場曝露を 4 週間行いました。電磁場群では、コントロール群に比べ、統計学的に有意に血圧が低下しました (Nishimura 2011) (3)。

また、動物を使った実験としてフトアゴヒゲトカゲにも電磁場を当てたところ、尾を挙げる行動を示しました。既存研究によると尾を挙げる意味は警戒態勢であったり、敵に気付いていることを知らせるシグナルであるとの報告があったので、何らかの意味がある行動ではないかと考え、挙尾行動を定量化して検証しました。14 匹のトカゲを電磁場群 7 匹、コントロール群 7 匹にランダムに割り当て、何も曝露しない期間を 3 日設定し、その後、電磁場群では、9 時から 21 時まで 5 日間電磁場を曝露し、両群の挙尾回数を比較しました。その結果、電磁場群ではコントロール群に比べ挙尾回数が統計学的に有意に増加しました。このことから、トカゲは電磁場曝露によって挙尾回数が増加することを証明できました (Nishimura 2010)。次に、どこで電磁場を感知しているのかを調べようと思いました。トカゲには「第三の目」と呼ばれる頭頂眼があるのですが、漫画のキャラクターのようにこの第三の目で電磁場を感知していたら面白いと思いました。これはただの思いつきというだけではなく、すでに既往研究においてイモリの頭頂眼が光を必要とする磁気センサであることが報告されている (nature) (4) ことから連想しました。トカゲの頭頂眼をアルミ板で塞ぎ、電磁場を曝露させたところ、挙尾回数が増えませんでした。このことから、トカゲの頭頂眼が光を必要とする磁気センサである可能性が高いことを報告しました (Nishimura 2010) (5)。



写真. フトアゴヒゲトカゲ

この論文を投稿した際に、査読者であったバージニア工科大学のジョン・フィリップス教授に留学の誘いを受けました。大学院時代に3か月間の留学を2回経験する機会を頂き、海外でどのような研究が実施されているのかを体感することができました。動物の磁気センサは、未だ解明されていません。動物の磁気センサに関する研究は、鳥等、季節移動を行う動物が季節移動の時期になると移動する方向を向く習性を利用して行われてきました。難しいのは、動物は様々な情報の中で特に地磁気を利用していることを証明することです。実験室で行う際には、地磁気をキャンセルする磁場を発生させ、さらに、人工的な地磁気を発生させ、実験ごとに地磁気の変えて行われていました(写真)。それにより、地磁気の変えても、ずっと季節移動の方向を向いていれば、地磁気を使っていると考えることができます。ジョン・フィリップス先生の研究室では、マウス、ラット、ショウジョウバエ等のモデル動物を使っていました。モデル動物は、遺伝子が全てわかっており、特定の遺伝子を働かなくすること(ノックアウト)ができますので、メカニズムの解明を研究する上では、非常に有用ですが、季節移動をしないため、代わりに、例えば、餌をやる方向を北からのみにする等、条件付けが必要でした。少なくとも、私の滞在中は、この条件付けが全く上手くいっていませんでした。

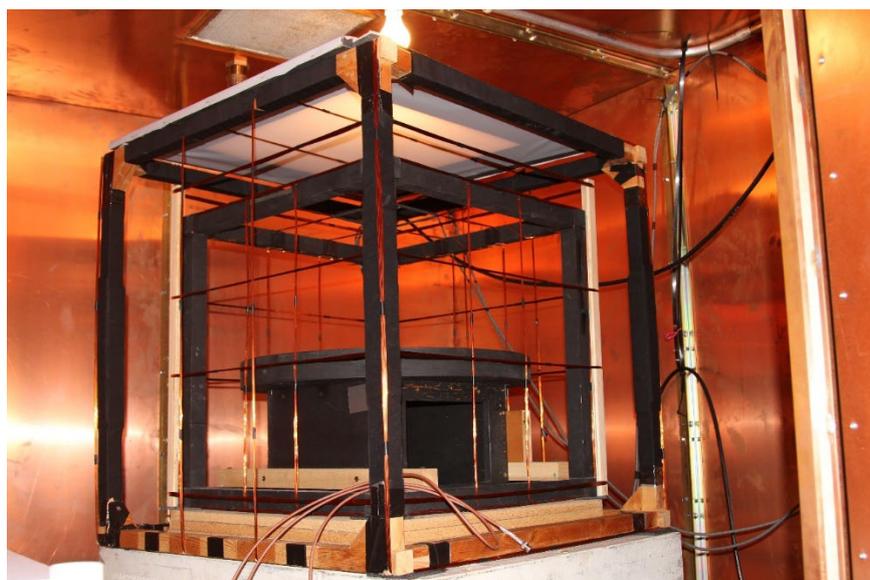


写真. ジョン・フィリップス教授の研究室で使用されていたコイル

余談ですが、フィリップス教授の学生であった大学院生のマイクと長い時間を一緒に過ごし、仲良くなりました。マイクは研究よりもアウトドアに興味があるように、特に、ブラックバス釣りは、プロ級の腕前でした。天気の良いと、世界で2番目に古いニュー川という近くの川で、ブラックバス釣りをしていました。マイクには、時々、ボートでのニュー川下りに連れて行ってもらいました。私は泳げないので、参加を躊躇していると絶対安全だから大丈夫と言われ、そうなのかと思い、参加したところ、見事にボートが転覆し、水中に投げ出

された私は激しく上下に揉まれました。ヒトはこうやって死ぬのかと実感しつつ、ブクブクと沈みつつあったところ、同乗していたロシア人の女性がバツと肩を持ち上げてくれ、立つことができました。ヒトは立てるところでも溺れることを学びました。このような時は、足を岩に挟まれることが一番のリスクなので、足を上げてボートにしがみつこうマイクに教わり、その後もちょくちょく転覆しましたが、マイクの教えに従い、溺れることはなくなりました。私は、転覆しない=安全だと思っていましたが、彼らにとっては、死なない=安全であり、意識の違いを感じました。



写真. ニュー川の川下り風景

大学院時代に地磁気の自殺への影響についても研究を行っていました。地球には地磁気があり、動物においては鳥、イモリ、カメなど磁気センサを持つ生き物がいる研究結果が出ていますが、ヒトにも磁気センサはあるのか、ヒトは地磁気の影響を受けているのかに興味を持ったことが研究のきっかけの一つであります。もっと直接的な動機は秋田時代の友人を自殺で亡くしたことでした。彼の死について様々な意見を聞く中で、自殺の原因が彼の性格や人間性ではなく、環境のせいであったことを証明したいと考えるようになりました。私自身も鬱を経験したことがあります。鬱の方は自分を責め、心の闇がいつ晴れるかわからない苦しみの中にいますが、環境要因が原因であれば、気持ちの変動を予測でき、苦しみを和らげることができるかもしれないとも考えました。

大学院卒業後も研究を続けたいと思っていましたが、当時、動物の磁気センサを研究している研究室は日本にはなかったため、ジョン・フィリップス先生の研究室への留学を目指して日本学術振興会の海外特別研究員の採択に賭けました。しかし、その結果は補欠でした。当時の私にあった選択肢は海外学振の繰り上げ採択を待つか、臨床研究情報センターへ就職するか、海外学振の繰り上げを待ちつつ、他の方法で留学する方法を模索することを選びました。私が家族を捨てる覚悟であったことを福島先生は、見透かされてお

り、最終的には、福島先生から、研究を辞め、家族のためだけに生きるよう説得を受け、研究を辞めることを決意しました。全ての学会を退会し、現在もどの学会にも所属していません。大学院生を終える頃に、京都大学理学部の柴田一成先生にお誘い頂き、宇宙に関するシンポジウムで発表する機会を頂きました。トカゲの研究や自殺の研究を発表しながら、これが最後になるのだと寂しく思っていました。発表後に京都大学の名誉教授の先生方や発表された研究者と話をする中で、多くの先生から私の研究を面白いと言って頂きました。私が、もう二度と研究をすることはないと申し上げると、みなさん、絶対続けるべきだと言って頂きました。いや、もう辞めたから、もう、無理なんだよと心の中で思っていました。

3. 宇宙に関する研究

大学院を卒業後、神戸の臨床研究情報センターで働くことになりました。業務内容は、臨床試験の支援業務で、研究職ではなく、いわゆる、サラリーマンでした。ただ、最後のシンポジウムで、おじいさん先生に研究を続けるよう言われたことが心にトゲのように刺さっていました。自分の頭を整理するために科研費の申請書を書いてみました。ただ、実験室はなく、時間もなため、動物の磁気センサの実験はできません。ビッグデータの解析であれば、できるかもしれないと考えました。その際に、地磁気だけではなく、他の宇宙に関連する要因も含めて解析をすれば、面白いのではないかと考えたところ、科研費を獲得することができ、細々と研究を続けることができました。

宇宙天気予報のヒトの健康への応用というコンセプトが良かったのかもしれませんが。太陽活動が活発になると、宇宙空間においては宇宙飛行士が被爆したり、人工衛星が壊れたりしますし、地上においても送電施設が壊れたりします。それらを防ぐために、太陽フレア、太陽プロトン現象、磁気嵐等の状況を宇宙天気と呼び、それらを精度高く予測する、宇宙天気予報の研究が進められています。

一般市民を対象とした、気象要因を用いた疾患の増悪予測予報には、ドイツの気象庁が Bioweather として情報提供を行っていますので、日本でも気象病は一般的になるだろうと思っていました。気象病では、宇宙環境要因は考慮されていませんので、宇宙環境要因も使い、予測できれば面白いのではないかと考えていました。

まず、海外において地磁気の擾乱（乱れ）と自殺者数との関連性が多数報告されていることに着目しました。地磁気の擾乱がヒトに影響を与えるメカニズムは、これまで、主にメラトニン仮説が唱えられていました (Cherry 2002) (6)。

当時、月毎にまとめたデータしか入手できなかったため、月毎のデータを用いて解析を行いました。日本においても月毎の地磁気の乱れと月毎の男性の自殺者数に有意な関連性があることを見出しました (Tada 2013) (7)。この解析では、K 指数(地磁気擾乱の指数)に加え、気象要因、他に自殺数との相関が報告されている黒点数や失業率を共変量として解析に加えました。また、その再現性を台湾・医療保険データを用いて確認しました (Nishimura 2020) (8)。さらに、一般的に地磁気が強い場所の方が地磁気の変動 (K 指数) が大きいこと

に着目し、各都道府県庁所在地の地磁気の強さと月毎の都道府県別の男性の自殺の標準化死亡比に有意な関連性があることを発見しました。つまり、地磁気の強い都道府県ほど、男性の自殺の標準化死亡比が高いことを見つけました(Nishimura 2014) (9)。

予備的解析結果ですが、台湾の医療保険データを用い、大気要因、気象要因、宇宙環境要因のヒトの自殺、脳卒中、虚血性心疾患との因果関係をケースクロスオーバーデザインを用いた研究によって確認しました(表 1)。疫学研究においては、特定のイベントを発症した方をケースとし、他人をコントロールとして比較をするが、他人との比較では背景因子を調整しきれない点に限界がありました。ケースクロスオーバー研究の場合は、イベントを発症した日をケースとし、同じ方の未来や過去をコントロールとすることで背景因子を揃えることができ、特定のイベントと曝露要因との因果関係の推定を行うことができます。

表 1. 大気汚染物質、気象要因、及び宇宙環境要因と自殺、脳卒中、または、虚血性心疾患との因果関係

	自殺	脳卒中	虚血性心疾患
大気汚染物質			
S02 (ppb)			○
CO (ppb)			○
気象要因			
気温 (° C)			○
湿度 (%)	○	○	
気圧 (psi)			○
宇宙環境要因			
Proton Flux 3			
F10.7 指数			○
月齢	○	○	○
Kp10 指数			○
Schumann 共振			○

○：統計学的に有意（因果関係が推定されます）

解析前に、環境要因間の相関係数を求め、相関係数が 0.7 を超えたものについては、どちらかの変数を選択しました。

4. 台湾の医療保険データを利用するメリット

台湾の医療保険データは、標準化され、一元的にデータベース化されています。さらに、出生・死亡データ、医療保険データ、がん・体外受精・感染症等データ、がん検診・住民データ、精神・配偶者及び性暴力データ、国勢調査データ等、約 80 種類のデータを匿名化したまま各データを結合可能とするシステムを有しています。これらの情報を用いること

で、患者背景情報、処方薬や治療情報、レジストリがある場合には生活習慣を考慮した解析が可能になります。

5. 将来展望

前述のように、台湾の医療保険データを用いて、気象要因、大気汚染物質、地磁気擾乱等の宇宙環境要因の地上における自殺、脳卒中、虚血性心疾患の発症との間に因果関係があることを発見しました。しかしながら、因果関係の推定と予測モデルの構築は、統計解析手法が異なるため、予測モデルの構築は、実施できていません。今後、台湾の研究者の協力の下、台湾の医療保険データに加え、臨床データを用いて、人工知能及び統計手法を用いた疾患の発症・増悪予測モデルの構築を目指したいと考えています。さらに、環境要因のヒトへの影響のメカニズムを検討するために、健常人を対象とし、生体情報測定機能付き腕時計を配布し、長期間生体情報を収集させて頂くような研究を計画しています。

本研究が進むことで下記のようなことが期待できるのではないかと考えています。

- 宇宙天気予報の予測を強化することで、社会インフラを守る動きが総務省を中心に進められているが、ヒト健康への応用は未だなされていません。本研究は、宇宙天気予報のヒト健康への影響の理解を大きく進め、新たな学術分野を確立する。
- 将来的に地球上及び宇宙において、環境要因が健康に及ぼす影響についての予報・情報の提供が可能となり、今までと異なる観点での疾患の発症・増悪予防、介入につながります。
- 現在すでに、低気圧と頭痛のような気象条件のヒト健康への影響は予報アプリが累積760万人にDLされるなど多くの一般の人からも興味を持たれており、宇宙天気のヒト健康への影響の有無も、一般の人の興味に応えます。
- 現在すでに、ウェアラブルセンサを用いて生体情報を取得し、疾患の予測を行うことが盛んに行われているが、環境要因は考慮されていない。既存のウェアラブルセンサに環境要因の影響に関するアルゴリズムを追加することで、予測の精度を高めることができます。

文献

1. Fukushima M, Kataoka T, Hamada C, Matsumoto M. Evidence of Qi-gong energy and its biological effect on the enhancement of the phagocytic activity of human polymorphonuclear leukocytes. *American Journal of Chinese Medicine*. 2001;29:1-16.
2. Fukushima M, Mohri K, Kataoka T, Matsumoto M. Milli gauss pulsed magnetic field applied phosphate buffered saline solution elevates intracellular Ca²⁺ level and stimulates phagocytic activity of human neutrophils. *Transactions of the Magnetics Society of Japan*. 2002;2:15-8.
3. Nishimura T, Tada H, Guo X, Murayama T, Teramukai S, Okano H, et al. A 1- μ T

extremely low-frequency electromagnetic field vs. sham control for mild-to-moderate hypertension: a double-blind, randomized study. *Hypertens Res.* 2011;34:372-7.

4. Deutschlander ME, Borland SC, Phillips JB. Extraocular magnetic compass in newts. *Nature.* 1999;400:324-5.

5. Nishimura T, Okano H, Tada H, Nishimura E, Sugimoto K, Mohri K, et al. Lizards respond to an extremely low-frequency electromagnetic field. *Journal of Experimental Biology.* 2010;213:1985-90. doi:10.1242/jeb.031609.

6. Cherry N. Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of Solar/Geomagnetic activity. *Natural Hazards.* 2002;26:279-331.

7. Tada H, Nishimura T, Nakatani E, Matsuda K, Teramukai S, Fukushima M. Association of geomagnetic disturbances and suicides in Japan, 1999-2010. *Environmental health and preventive medicine.* 2014;19:64-71. doi:10.1007/s12199-013-0355-5.

8. Nishimura T, Tsai IJ, Yamauchi H, Nakatani E, Fukushima M, Hsu CY. Association of Geomagnetic Disturbances and Suicide Attempts in Taiwan, 1997-2013: A Cross-Sectional Study. *International journal of environmental research and public health.* 2020;17. doi:10.3390/ijerph17041154.

9. Nishimura T, Tada H, Nakatani E, Matsuda K, Teramukai S, Fukushima M. Stronger geomagnetic fields may be a risk factor of male suicides. *Psychiatry Clin Neurosci.* 2014;68:404-9. doi:10.1111/pcn.12149 [doi].